

Multivariate morphometrische Analysen der Gattung *Ovis* Linnaeus, 1758 (Mammalia, Caprinae)

Von A. LUDWIG und J. KNOLL

Institut für Systematische Zoologie, Museum für Naturkunde und FG Züchtungsbiologie und molekulare Tierzucht, Landwirtschaftlich-Gärtnerische Fakultät, Humboldt-Universität Berlin

Eingang des Ms. 12. 05. 1997
Annahme des Ms. 20. 09. 1997

Abstract

Multivariate morphometric analysis of the genus Ovis Linnaeus, 1758 (Mammalia, Caprinae)

So far, univariate analyses were used exclusively to analyse the morphological variability of the genus *Ovis*. In contrast to these investigations 17 different measurements of the skull of 130 adult male specimens were analysed with multivariate methods in this study. The morphological similarities of the different forms were investigated using cluster analysis and canonical discriminant analysis. In contrast to results of univariate analyses we found clear differences between *O. ammon*, *O. canadensis*, *O. dalli*, *O. musimon*, and *O. nivicola*. Both cluster analysis and canonical discriminant analysis demonstrated that *O. nivicola* is morphologically more similar to the North-American forms *O. canadensis* and *O. dalli* than to each of the other Eurasian species. The results supported previous phylogenetic relationships based on cytogenetic analysis for the following forms: *O. ammon*, *O. canadensis*, *O. dalli*, *O. musimon* and *O. nivicola*. The cluster of the *O. vignei* and *O. orientalis* overlaid. Due to the small morphological variability between *O. vignei* and *O. orientalis* we conclude that these forms are sub-populations of one species.

Key words: *Ovis*, cluster analysis, discriminant analysis

Einleitung

Die Phylogenie der Gattung *Ovis* wird kontrovers diskutiert (NIETHAMMER und KRAPP 1986; CORBET und HILL 1987; GRUBB 1990). Die Anzahl der Arten schwankt zwischen einer (HALTENORTH 1963) und sieben (HONACKI et al. 1982; CORBET und HILL 1987). Die These einer „Großart“ wird durch den Nachweis von fertilen Hybriden gestützt (NADLER et al. 1971, GRAY 1972). Auf der Basis unterschiedlicher Chromosomenzahlen (NADLER et al. 1973; KOROBITSYNA et al. 1974; VALDEZ et al. 1978) und der geographischen Verbreitung der einzelnen Formen werden hingegen folgende Einteilungen getroffen: 1) die mufflonartigen Schafe (*O. musimon* und *O. orientalis*, 2n = 54) vorkommend in Europa, im Iran und dem Nahen Osten, 2) die Urialschafe (*O. vignei*, 2n = 58) verbreitet im nordöstlichen Iran, in Mittelasien, Tadshikistan und Afghanistan, 3) die in den zentralasiatischen Gebirgslandschaften lebenden argaliartigen Schafe (*O. ammon*, 2n = 56), 4) das sibirische Schneeschaf (*O. nivicola*, 2n = 52) kommt auf der Halbinsel Kamtschatka sowie in Nord- und Nordostsibirien vor sowie 5) die nordamerikanischen Formen (*O. canadensis*, *O. dalli*, 2n = 54) (CORBET und HILL 1987; GRUBB 1990). SHACKLETON und LOVARI (1997) fassen *O. musimon*, *O. orientalis* und *O. vignei* unter *O. orientalis* zusam-

men. *O. musimon* wird auch als eigenständige Art, als Synonym für *O. ammon* oder als im Neolithikum verwilderte Hausschafform geführt (RÖHRS 1986).

Eine Klassifizierung basierend allein auf Unterschieden in der Chromosomenzahl ist kritisch zu betrachten, da die Wildschafe zueinander im Verhältnis eines Robertsonschen Polymorphismus stehen. Weiterhin stimmen die G-Bandenmuster und Meiosebilder von Hybriden nordamerikanischer und europäischer Wildschafe überein (NIETHAMMER und KRAPP 1986).

Untersuchungen zur morphologischen Variabilität umfaßten bisher nur univariate Vergleiche. Eine deutliche Abgrenzung der Arten durch bestimmte Proportionen wurde dabei nicht erreicht (OEHMISCHEN 1923; KESPER 1953). Das Ziel der durchgeführten Analysen bestand in der Erfassung der morphologischen Variabilität. Den Nachteilen eines Vergleichs nur einzelner Merkmale wurden multivariate Analysen gegenübergestellt.

Material und Methode

Es wurden Wildschafschädel aus folgenden Sammlungen untersucht: Museum für Naturkunde der Humboldt-Universität Berlin, der Julius-Kühn-Sammlung der Landwirtschaftlichen Fakultät der Universität Halle/Sa., dem Tierkundemuseum Dresden und der Zoologischen Staatssammlung München.

Es wurden folgende 17 Schädelmaße von 130 adulten männlichen Individuen mit dem Tasterzirkel bzw. Meßschieber abgenommen (Abb. 1):

W1 = Condylbasallänge: Hinterrand der Condyli occipitales – Prosthion

W2 = Basion – Prosthion (Basallänge)

W3 = Basion – Prämolare (Kleine Schädelänge)

W4 = Prämolare – Prosthion

W5 = Nasion – Prosthion (Gesichtsschädelänge)

W6 = Akrokranion – Nasion (Mediane Stirnlänge)

W7 = Akrokranion – Supraorbitale (Obere Hirnschädelänge)

W8 = Supraorbitale – Prosthion (Gesichtslänge)

W9 = Endorbitale – Prosthion (Orbitalabstand)

W10 = Nasion – Rhinion (Größte Länge des Nasenbeins)

W11 = Postdentale – Prosthion (Dentallänge)

W12 = Alveolenmaß gleich Länge der Backzahnreihe

W13 = Größte Innenhöhe einer Orbita

W14 = Laterale Länge des Os incisivum: Abstand zwischen Nasointermaxillare und Prosthion

W15 = Kleinste Breite der Facies parietalis gleich Parietalbreite: zwischen den stärksten Einziehungen der Lineae temporales

W16 = Größte Breite über den Orbitae = Stirnbreite = größte Breite des Schädels: Ectorbitale – Ectorbitale

W17 = Breite über den Tubera malaria (Wangenbreite)

Alle Maße wurden dreimal abgenommen und die arithmetischen Mittelwerte für die statistische Auswertung gebildet.

Die Auswertung der ermittelten Daten erfolgte mit Hilfe der Verfahren der Clusteranalyse und der Canonischen Diskriminanzanalyse. Die Clusteranalyse nach Ward ist ein numerisches Verfahren zur Strukturanalyse von Datenmengen, bei denen das Ergebnis nicht durch Vorgaben (Klasseneinteilung) beeinflusst wird (DEICHEL und TRAMPISCH 1985). Jedes Objekt bildet anfänglich ein Cluster, danach wird die Anzahl der Cluster reduziert, indem die beiden ähnlichsten vereinigt werden. Dieses Verfahren diente zur Selektion der Klassen für die Canonische Diskriminanzanalyse. Die vorgegebenen Klassen entsprachen der Einteilung nach NADLER et al. (1973). Die Canonische Diskriminanzanalyse berechnet die Unterschiede zwischen den einzelnen Klassen. Die Trennung erfolgt durch Erfassung einer Anzahl von Merkmalen an jedem einzelnen Element der Gesamtheiten und durch Aufstellen einer Trennfunktion, die über die Zuordnung der Elemente entscheidet und damit als Entscheidungsfunktion bezeichnet wird. Bei der Trennung von Individuen auf der Basis mehrerer Merkmale wird sich bei dieser Methode sogenannter Canonischer Faktoren (CAN 1 ... CAN n) bedient. Diese entsprechen line-

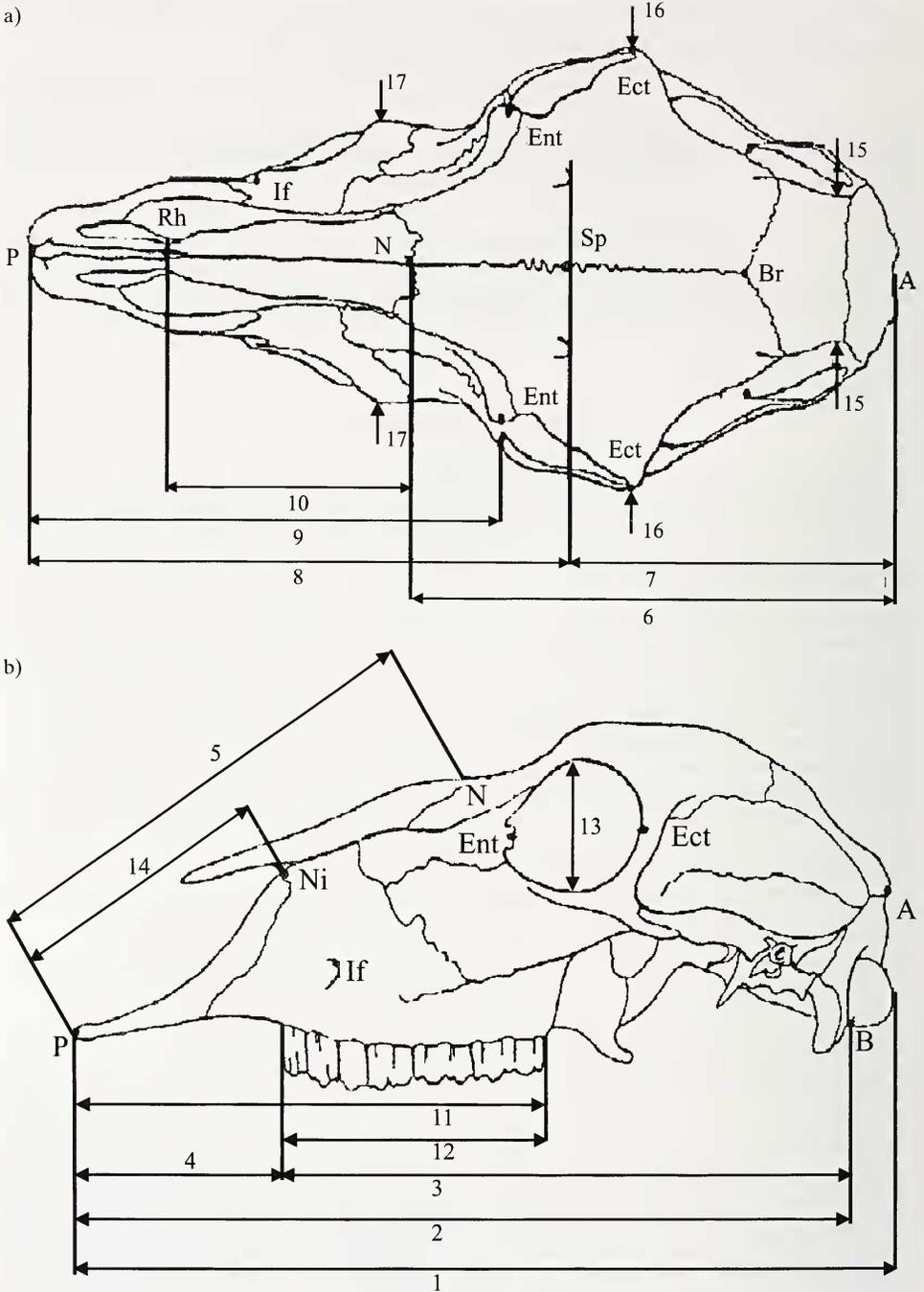


Abb. 1. a) Schädel von *Ovis* in der Ansicht von oben (P – Prosthion, Rh – Rhinion, If – Infraorbitale, N – Nasion, Ent – Entorbitale, Sp – Supraorbitale, Ect – Ectorbitale, Br – Bregma, A – Akrokranion), dargestellt sind die Maße W6–W10 und W15–W17. b) Schädel von *Ovis*, Seitenansicht (P – Prosthion, Ni – Nasointermaxilares, If – Infraorbitale, N – Nasion, Ent – Entorbitale, Ect – Ectorbitale, B – Basion, A – Akrokranion), abgebildet sind folgende Maße: W1–W5 und W11–W14. Die Darstellungen sind modifiziert nach BOESSNECK et al. (1964).

aren Kombinationen der quantitativen Variablen, wobei diejenigen für die Trennung verantwortlich sind, welche die größten Differenzen zwischen den Klassen darstellen. Es sind nicht die Einzelwerte, sondern die Mittelwerte der einzelnen Klassen entscheidend.

Der CAN 1 Faktor berechnet sich aus dem Merkmal m , welches der Größe nach innerhalb der untersuchten Individuen abgestuft wird. Es werden also $b_1 \times 1 + b_2 \times 2 + \dots + b_m \times m$ gebildet. Das heißt, um ein Element der Stichprobe 1 sind die Merkmale 1, 2, ... m gemessen, jeder Meßwert $\times 1, \times 2$ usw. wird mit einem Faktor $b_1, b_2 \dots b_m$ multipliziert. Danach werden alle erhaltenen Werte der einzelnen Merkmale addiert.

Der CAN 2 Faktor steht in keiner Beziehung zu CAN 1. Er geht von einer hypothetischen Normalverteilung der Parameter aus. Bei der Berechnung des CAN 2 entfällt der Parameter, welcher für die Trennung entlang der ersten canonischen Achse verantwortlich ist. Es erfolgt eine erneute Berechnung der nicht korrelierenden Anteile unter Zugrundelegung der für den CAN 1 geltenden Formel.

Die Korrelationskoeffizienten nach Pearson, die Clusteranalyse und die Canonischen Diskriminanzanalysen wurden mittels des Programmpaketes SAS (SAS Inst. Inc., USA) durchgeführt.

Ergebnisse

Auf der Grundlage der ermittelten morphometrischen Parameter der untersuchten Wildschafschädel (Tab. 1) erfolgten die Clusteranalyse und die Canonischen Diskriminanzanalysen. Die Clusteranalyse (Abb. 2) aller Individuen ergab eine klare Abspaltung von *O. ammon*. Diese Form war über zwei Cluster (6 und 7) verteilt. Ein *O. ammon* gruppierte sich in das Cluster 4. *O. canadensis* belegte vorrangig das 5. Cluster, während sämtliche Tiere von *O. dalli* und *O. nivicola* im 4. Cluster vertreten waren. In den Clustern 1, 2 und 3 lagen *O. musimon*, *O. orientalis* sowie *O. vignei*. Dabei gab es vor allem starke Überschneidungen zwischen *O. vignei* und *O. orientalis*. *O. musimon* lag fast ausschließlich im 3. Cluster.

Wurden die ermittelten Daten aller 130 Schädel in die Diskriminanzanalyse einbezogen (Abb. 3), so ergaben sich Überschneidungen zwischen den einzelnen Wildschafformen. Der erste und zweite Canonische Faktor (CAN 1 und CAN 2) wurden am stärksten durch W10 und W17 beeinflusst. Für CAN 1 waren die Parameter W10 und W12 entscheidend, während der CAN 2 von W17 und W6 abhängig war. Es wurden drei große Gruppen unterschieden. Eine Gruppe bildeten *O. canadensis*, *O. dalli* und *O. nivicola*. *O. musimon*, *O. orientalis* und *O. vignei* sowie *O. ammon* gruppierten sich zu zwei weiteren Gruppen. Zwischen diesen Gruppen existierten teilweise Übergänge. Durch den CAN 2 wurden *O. dalli* und *O. nivicola* sowie teilweise *O. canadensis* abgetrennt. Die Abspaltung der eurasischen Gruppen erfolgte durch den CAN 1 (Abb. 4). Es wurde eine klare Abspaltung der *O. ammon* erreicht. Zwei Tiere von *O. ammon* befanden sich deutlich außerhalb des Clusters dieser Form. Beide Individuen waren Zootiere mit unklarer Herkunft. Der CAN 2 trennte *O. musimon* von den anderen Formen. *O. orientalis* und *O. vignei* gruppierten sich zusammen. In Abb. 5 wurden *O. canadensis*, *O. dalli* und *O. nivicola* getrennt von den anderen Formen analysiert. Durch den CAN 1 wurden *O. canadensis* und *O. dalli* von *O. nivicola* abgespalten. *O. canadensis* und *O. dalli* wurden durch den CAN 2 getrennt. Sowohl die Clusterung nach Unterarten als auch nach Fundorten brachte keine weitere Differenzierung der untersuchten *O. ammon* und *O. nivicola*. Die Korrelationskoeffizienten zwischen den erfaßten Parametern sind in Tab. 2 dargestellt.

Diskussion

Phylogenie der Gattung *Ovis*

Übereinstimmend mit der Systematik von GRUBB (1990), bzw. CORBET und HILL (1987) basierend auf den Untersuchungen von NADLER et al. (1973), KOROBITSYNA et al. (1974)

Tabelle 1. Minima und Maxima sowie Mittelwerte und Standardabweichungen der erfaßten Parameter (in mm) der untersuchten Individuen

Parameter	<i>O. ammon</i> (n = 44)	<i>O. canadensis</i> (n = 12)	<i>O. dalli</i> (n = 9)	<i>O. musimon</i> (n = 21)	<i>O. nivicola</i> (n = 7)	<i>O. orientalis</i> (n = 9)	<i>O. vignei</i> (n = 28)
W1	233–374 323,8 ± 33,22	275–322 302,7 ± 16,04	262–292 277,7 ± 9,54	201–244 229,4 ± 10,55	260–276 270,4 ± 5,86	201–262 240,8 ± 20,61	215–287 250,5 ± 17,66
W2	231–374 321,7 ± 34,98	275–320 300,7 ± 16,20	262–291 275,2 ± 9,18	201–241 227,7 ± 10,20	259–274 269,6 ± 5,53	201–259 238,8 ± 19,43	213–283 247,7 ± 17,31
W3	164–270 235,8 ± 23,54	201–239 220,7 ± 12,40	192–213 200,1 ± 6,97	153–179 170,8 ± 6,66	192–206 201,1 ± 6,04	156–197 179,8 ± 14,07	158–210 185,8 ± 12,41
W4	41–109 87,1 ± 12,21	74–94 82,8 ± 6,37	72–85 76,8 ± 4,47	48–67 57,9 ± 4,89	67–79 71,7 ± 4,75	45–74 59,9 ± 7,88	47–76 63,0 ± 6,78
W5	104–251 197,3 ± 30,19	153–187 175,6 ± 9,78	141–174 153,6 ± 9,70	106–147 126,7 ± 9,61	134–152 145,4 ± 6,63	111–149 136,8 ± 11,49	115–168 142,0 ± 13,35
W6	132–218 159,6 ± 14,74	141–178 159,4 ± 11,29	143–164 150,3 ± 7,76	112–132 123,8 ± 6,00	143–166 149,6 ± 7,91	99–140 127,4 ± 13,49	111–145 131,4 ± 9,13
W7	86–157 131,5 ± 16,76	107–139 126,0 ± 10,24	115–133 124,0 ± 6,02	84–107 94,1 ± 6,18	107–125 119,1 ± 6,47	83–111 99,6 ± 9,88	82–122 105,1 ± 10,87
W8	198–362 290,6 ± 35,64	246–298 261,0 ± 27,42	212–259 239,3 ± 14,97	165–211 194,4 ± 11,22	213–241 230,4 ± 9,74	178–220 208,2 ± 15,69	185–242 214,4 ± 15,61
W9	124–237 198,1 ± 23,38	171–198 183,5 ± 10,29	148–174 163,2 ± 7,43	113–139 129,0 ± 7,07	150–158 154,6 ± 2,94	113–153 139,1 ± 12,40	122–170 145,8 ± 12,62
W10	79–169 125,2 ± 19,10	85–121 109,7 ± 10,38	79–105 88,7 ± 9,18	67–108 84,0 ± 8,73	74–94 84,7 ± 7,67	74–93 87,9 ± 5,84	69–106 91,5 ± 8,76
W11	90–212 174,0 ± 20,86	155–179 166,9 ± 7,99	142–158 151,2 ± 4,76	105–136 126,1 ± 7,73	142–145 142,7 ± 2,14	104–147 129,3 ± 13,23	117–154 137,2 ± 8,78
W12	61–112 87,5 ± 10,38	76–90 83,8 ± 5,63	66–79 72,1 ± 3,98	56–86 67,4 ± 6,18	66–75 70,3 ± 3,35	57–74 68,0 ± 6,71	65–79 72,5 ± 3,68
W13	46–60 54,1 ± 3,26	47–54 50,2 ± 1,96	44–48 46,0 ± 1,22	38–45 42,4 ± 1,86	43–50 46,0 ± 2,08	39–49 44,8 ± 3,15	42–49 45,6 ± 1,66
W14	65–150 120,7 ± 17,50	75–108 96,9 ± 8,81	77–90 83,6 ± 4,10	58–80 69,3 ± 7,25	77–118 92,6 ± 12,92	52–92 78,8 ± 11,43	67–103 83,6 ± 10,48
W15	39–102 65,8 ± 15,18	47–76 60,3 ± 9,28	47–59 52,2 ± 4,09	36–54 45,2 ± 4,69	39–72 60,4 ± 11,89	40–57 47,2 ± 5,97	37–56 46,4 ± 4,73
W16	126–202 175,2 ± 17,91	148–180 168,9 ± 10,25	149–170 158,4 ± 7,25	108–132 120,9 ± 6,26	153–175 164,9 ± 8,86	107–136 126,7 ± 9,59	113–151 133,8 ± 9,37
W17	74–110 94,8 ± 9,93	81–107 94,1 ± 7,54	81–95 87,9 ± 5,09	59–74 69,2 ± 3,96	78–88 80,3 ± 8,60	58–81 73,1 ± 7,29	63–87 74,6 ± 5,79

und VALDEZ et al. (1978) und im Gegensatz zu OEHMISCHEN (1923) und KESPER (1953) wurde eine klare Differenzierung der Formen *O. ammon*, *O. canadensis*, *O. dalli*, *O. musimon* und *O. nivicola* erreicht. Im Gegensatz zu KESPER (1953), welcher die eurasischen Wildschafe zu einer Art zusammenfaßte, unterstützen die in dieser Arbeit gefundenen morphologischen Unterschiede die Theorie von NADLER et al. (1973) und HONACKI et al. (1982), daß *O. musimon* eine eigenständige Art darstellt. Die gefundenen hohen morphologischen Distanzen werden durch geologische Untersuchungen gestützt. Der letzte Landkontakt zwischen dem Festland und Korsika, bzw. Sardinien existierte vor ca. 5,3 Mio. Jahren (SCHÜLE 1993). Trotz historischem sympatrischen Vorkommen von argaliartigen und mufflonartigen Wildschafen in Europa (KOROBITSYNA et al. 1974; HERRE und

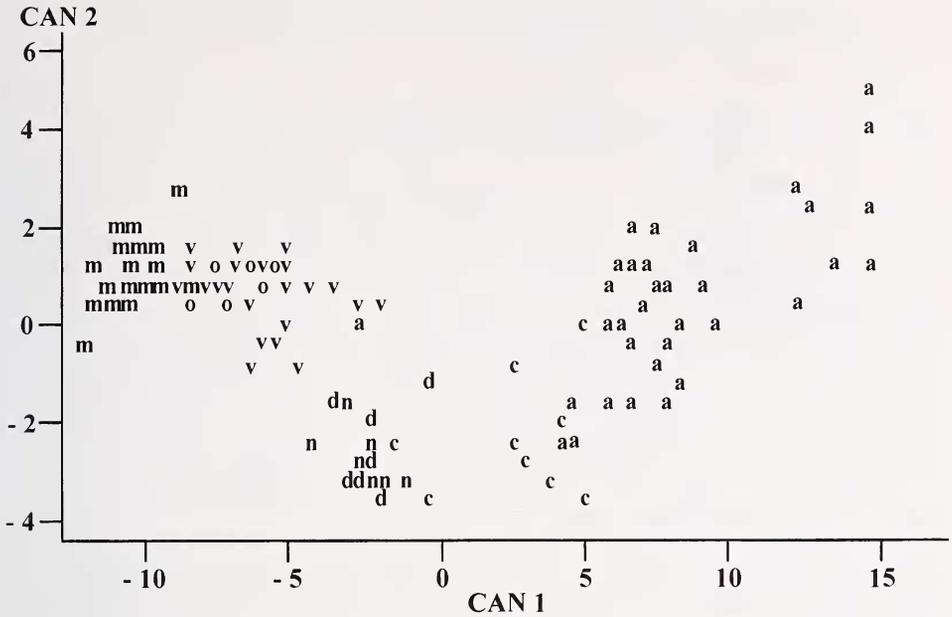


Abb. 2. Ergebnisse der Clusteranalyse der untersuchten adulten männlichen Individuen: a – *O. ammon*, c – *O. canadensis*, d – *O. dalli*, m – *O. musimon*, n – *O. nivicola*, o – *O. orientalis*, v – *O. vignei*).

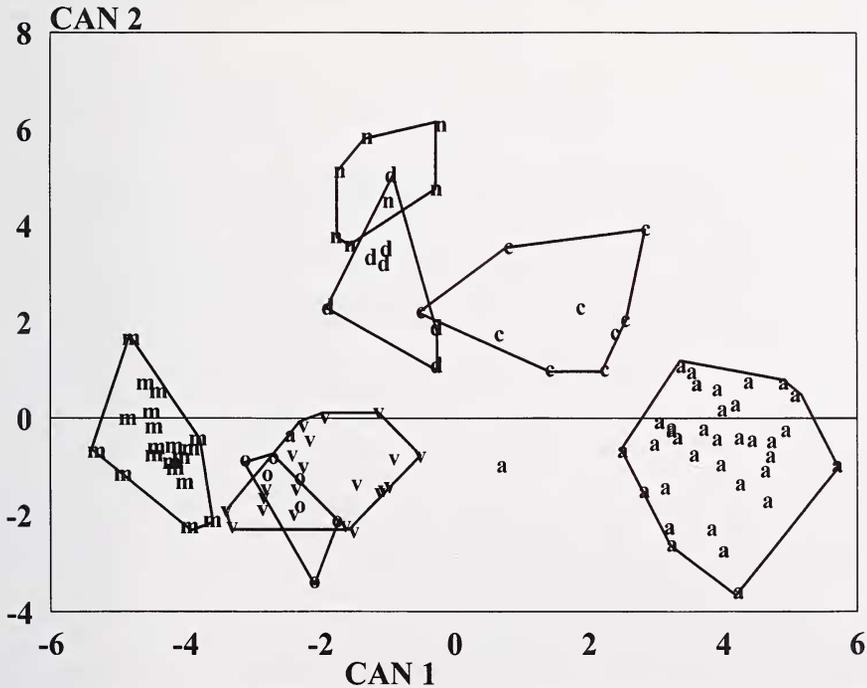


Abb. 3. Verteilung der untersuchten adulten männlichen Individuen (a – *Ovis ammon*, c – *O. canadensis*, d – *O. dalli*, m – *O. musimon*, n – *O. nivicola*, o – *O. orientalis*, v – *O. vignei*) entlang der ersten und zweiten Canonicen Achse.

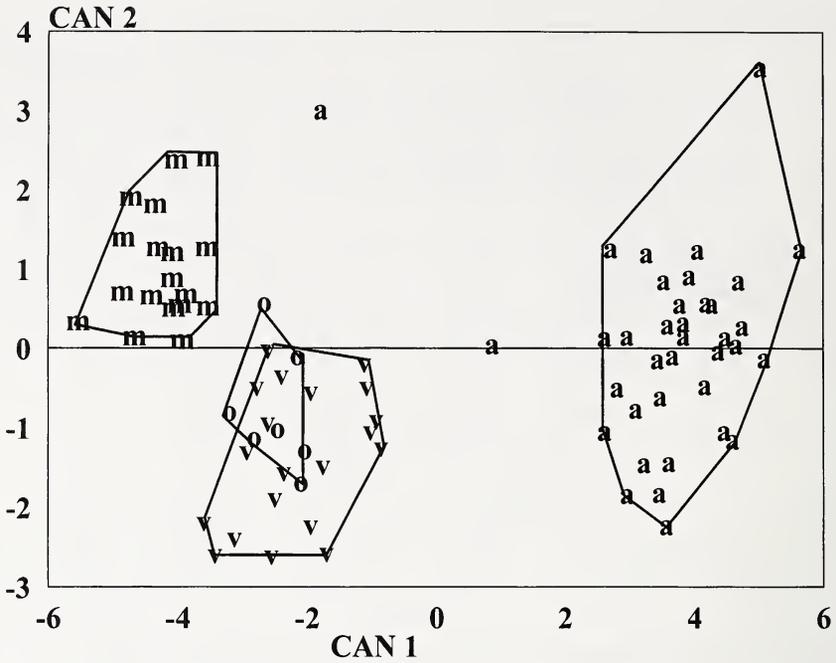


Abb. 4. Verteilung der untersuchten adulten männlichen Individuen (a - *Ovis ammon*, m - *O. musimon*, o - *O. orientalis*, v - *O. vignei*) entlang der ersten und zweiten Canonicen Achse.

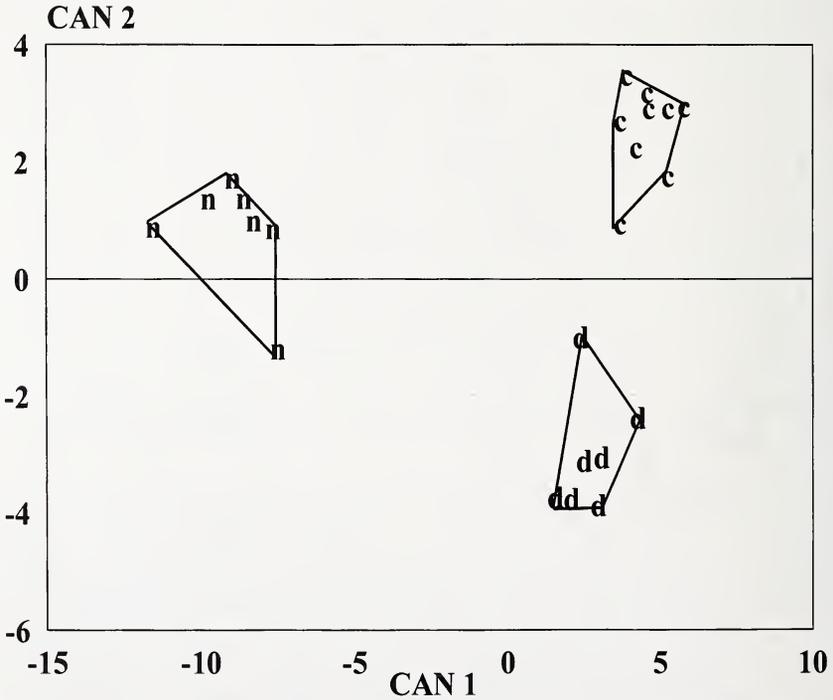


Abb. 5. Verteilung der untersuchten adulten männlichen Individuen (c - *Ovis canadensis*, d - *O. dalli*, n - *O. nivicola*) entlang der ersten und zweiten Canonicen Achse.

Tabelle 2. Korrelationskoeffizienten der untersuchten morphometrischen Parameter

Parameter	W1	W2	W3	W4	W5	W6	W7	W8	W9	W10	W11	W12	W13	W14	W15	W16	W17
W1	1,0	1,00	0,99	0,95	0,97	0,91	0,88	0,97	0,99	0,90	0,96	0,84	0,90	0,92	0,82	0,95	0,92
W2		1,0	0,99	0,96	0,97	0,91	0,87	0,97	0,99	0,90	0,96	0,84	0,90	0,92	0,83	0,95	0,92
W3			1,0	0,92	0,96	0,91	0,89	0,96	0,97	0,90	0,94	0,84	0,90	0,91	0,83	0,95	0,92
W4				1,0	0,92	0,85	0,80	0,92	0,96	0,82	0,95	0,77	0,83	0,89	0,75	0,90	0,86
W5					1,0	0,79	0,85	0,95	0,97	0,93	0,95	0,84	0,88	0,91	0,79	0,91	0,88
W6						1,0	0,85	0,87	0,88	0,75	0,85	0,73	0,80	0,80	0,77	0,90	0,87
W7							1,0	0,83	0,83	0,79	0,79	0,67	0,76	0,75	0,76	0,88	0,85
W8								1,0	0,97	0,89	0,93	0,82	0,89	0,90	0,83	0,93	0,91
W9									1,0	0,89	0,97	0,85	0,89	0,93	0,79	0,93	0,91
W10										1,0	0,86	0,81	0,84	0,85	0,78	0,84	0,82
W11											1,0	0,89	0,85	0,91	0,75	0,90	0,88
W12												1,0	0,78	0,80	0,64	0,78	0,79
W13													1,0	0,85	0,78	0,86	0,84
W14														1,0	0,74	0,87	0,82
W15															1,0	0,82	0,82
W16																1,0	0,92
W17																	1,0

RÖHRS 1990) sprechen die gefundenen morphologischen Unterschiede für eine Trennung beider Formen. PETIT et al. (1997) fanden bei genetischen Analysen an mediterranen Mufflons eine größere Variabilität als sie auf Grund des historischen Bottlenecks der *O. musimon* Populationen erwarteten. Möglicherweise ist diese Variabilität in Hybridisierungen begründet. Andererseits argumentieren SHACKLETON und LOVARI (1997), daß die mufflonartigen Schafe durch den Menschen auf den mediterranen Inseln eingeführt wurden. Der Bottleneck der Haustierhaltung kann damit Grundlage für die nachgewiesenen morphologischen Differenzen sein. Die geographische Isolation der rezenten, autochthonen *O. musimon* auf Korsika und Sardinien kann gleichfalls eine Ursache sein.

Aufgrund der hohen morphologischen Ähnlichkeit von *O. orientalis* und *O. vignei*, ist der taxonomische Status dieser Formen kritisch zu betrachten. Es kann sich bei diesen Formen um Subpopulationen handeln. Eine klare Differenzierung wurde in Übereinstimmung mit KESPER (1953) zwischen *O. ammon* und den anderen Formen nachgewiesen. Eine Aufspaltung in vier Rassen unterstützen unsere Ergebnisse allerdings nicht, da in Cluster- und Diskriminanzanalyse eine homogene Gruppierung von *O. ammon* ermittelt wurde.

Die größere morphometrische Ähnlichkeit von *O. nivicola* zu den nordamerikanischen Formen als zu den eurasischen Wildschafen erklärt sich möglicherweise in der postglazialen Ausbreitung der Wildschafe. Nach der Besiedlung Nordamerikas durch die Wildschafe wurden diese in der folgenden Eiszeit vorübergehend nach Süden verdrängt und besiedelten dann Nordamerika und Sibirien neu (THENIUS 1972; SHACKLETON 1985). Migrationsprozesse und Isolationsphasen, bedingt durch glaziale und interglaziale Barrieren, führten zur

Herausbildung der einzelnen Formen (KOROBITSYNA et al. 1974). Paleontologische und verhaltensbiologische Studien unterstützen diese Hypothese (GEIST 1971). Andererseits deuten Untersuchungen von Haplotypen mitochondrialer DNA von *O. canadensis* auf das Fehlen von zoogeographischen Barrieren hin (RAMEY 1995). Eine abschließende Klärung sollte mit der vergleichenden Analyse verschiedener Merkmalsysteme erreicht werden.

Eignung der Methode

In dieser Arbeit wurde versucht, die innerartliche Variabilität sowie die artspezifischen Unterschiede der Gattung *Ovis* darzustellen. Multivariate Vergleiche benötigen für solche Untersuchungen ein geringeres Datenmaterial als univariate Analysen. Ausschlaggebend dafür ist die höhere Trennschärfe multivariater Verfahren. Sie sollten somit geeignet sein, um Unterschiede aufzuzeigen, welche bei der traditionellen univariaten Betrachtung von untergeordneter Bedeutung sind (AHRENS und LÄUTER 1981). Die mehrdimensionale Diskriminanzanalyse ermöglichte eine geschlossene Übersicht über die in dem Datenmaterial verborgenen Zusammenhänge. Das Problem bei der Diskriminanzanalyse besteht in der Zuordnung der einzelnen Individuen zu den einzelnen Klassen. Eine Fehleinteilung der Klassen kann letztlich zu einer Fehlinterpretation der Ergebnisse führen. In dieser Arbeit erfolgte die Einteilung der Klassen auf der Basis der Trophäenausbildung (OEHMISCHEN 1923; KESPER 1953) und der vorangegangenen Clusteranalyse. Ergänzend wurden die teilweise bekannten Fundorte der einzelnen Individuen überprüft. Es zeigte sich, daß die Diskriminanzanalyse kombiniert mit der Clusteranalyse ein leistungsfähiges Verfahren war, bei dem Differenzen sichtbar wurden, die im Vergleich zu bisher vorliegenden univariaten Tests nicht erfaßt wurden.

Danksagungen

Die Autoren bedanken sich für die hilfreichen Diskussionen und Anregungen bei Dr. R. ANGERMANN, Museum für Naturkunde Berlin; Dr. A. FEILER, Tierkundemuseum Dresden und Dr. J. WUSSOW, M.-Luther-Universität Halle/Wittenberg. Dr. R. KRAFT, Zoologische Staatssammlung München wird für die Unterstützung bei den morphologischen Analysen gedankt. Dr. J. PLÖTNER, Museum für Naturkunde Berlin leistete wertvolle Hilfe bei der statistischen Auswertung.

Zusammenfassung

Untersucht wurde mittels Canonischer Diskriminanzanalyse und Clusteranalyse die morphologische Variabilität der Gattung *Ovis*. Es wurden 17 Maße des Schädels von 130 adulten männlichen Individuen abgenommen. Die Zuordnung der einzelnen Individuen zu den potentiellen Klassen für die Diskriminanzanalyse wurde mit Hilfe der Clusteranalyse, der Trophäenausbildung und des Fundortes überprüft. Im Gegensatz zu den bisher durchgeführten univariaten Analysen gelang eine klare Differenzierung der Formen *O. ammon*, *O. canadensis*, *O. dalli*, *O. musimon* und *O. nivicola*. Die Ergebnisse der Untersuchungen unterstützten die Klassifizierung auf der Basis von unterschiedlichen Chromosomenzahlen und geographischer Verbreitung für folgende Taxa: *O. ammon*, *O. canadensis*, *O. dalli*, *O. musimon* und *O. nivicola*. Die nachgewiesene hohe morphologische Ähnlichkeit zwischen *O. vignei* und *O. orientalis* spricht dafür, daß es Subpopulationen einer Art sind.

Literaturverzeichnis

- AHRENS, H.; LÄUTER, J. (1981): Mehrdimensionale Varianzanalyse – Hypothesenprüfung, Dimensionserniedrigung, Diskrimination. Berlin: Akademie Verlag.
 BOESSNECK, J.; MÜLLER, H. H.; TEICHERT, M. (1964): Osteologische Unterscheidungsmerkmale zwischen Schaf (*Ovis aries* L.) und Ziege (*Capra hircus* L.). Kühn-Archiv 78, 1–129.

- CORBET, G. B.; HILL, J. E. (1987): A World List of Mammalian Species. Sec. Ed. London: British Museum.
- DEICHSEL, G.; TRAMPISCH, H. J. (1985): Clusteranalyse und Diskriminanzanalyse. Stuttgart, New York: Gustav Fischer.
- GEIST, V. (1971): Mountain sheep: A Study in Behavior and Evolution. Chicago: Univ. Press.
- GRAY, A. P. (1972): Mammalian hybrids: a check-list with bibliography. Sec. Ed. Slough. England: Commonwealth Agriculture Bureaux.
- GRUBB, P. (1990): Artiodactyla. In: Mammal Species of the World. A Taxonomic and Geographic Reference. Ed. by E. WILSON and D. REEDER. Washington, London: Smithsonian Institution Press. Pp. 377–414.
- HALTENORTH, T. (1963): Klassifikation der Säugetiere: Artiodactyla 1(18). In: Handbuch der Zoologie. Berlin: de Gruyter. Vol. 8, 1–167.
- HERRE, W.; RÖHRS, M. (1990): Haustiere zoologisch gesehen. 2. Aufl. Stuttgart, New York: Gustav Fischer.
- HONACKI, J. H.; KINMAN, K. E.; KOEPL, J. W. (1982): Mammal species of the world. Kansas: Lawrence.
- KESPER, K. D. (1953): Phylogenetische und entwicklungsgeschichtliche Studien an den Gattungen *Capra* und *Ovis*. Diss. Universität Kiel.
- KOROBITSYNA, K. V.; NADLER, C. F.; VORONTZOW, N.; HOFFMANN, R. (1974): Chromosomes of the Siberian snow sheep, *Ovis nivicola*, and implications concerning the origin of amphiberingean wild sheep (subgenus *Pachyceros*). Quat. Res. 4, 235–245.
- NADLER, C. F.; LAY, D. M.; HASSINGER, J. D. (1971): Cytogenetic analyses of wild sheep populations in northern Iran. Cytogenetics 10, 137–152.
- NADLER, C. F.; KOROBITSYNA, R.; HOFFMANN, R.; VORONTZOW, N. (1973): Cytogenetic differentiation, geographic distribution and domestication in Palearctic Sheep (*Ovis*). Z. Säugetierkunde 38, 109–125.
- NIETHAMMER, J.; KRAPP, F. (1986): Handbuch der Säugetiere Europas: Band 2/II – Artiodactyla (Suidae, Cervidae, Bovidae). Wiesbaden: AULA-Verlag.
- OEHMISCHEN, K. (1923): Die argaliartigen Wildschafe mit besonderer Berücksichtigung des Materials im Tierzuchtinstitut Halle. Diss. Vereinigte Friedrichs-Universität Halle–Wittenberg.
- PETIT, E.; AULAGNIER, S.; BON, R.; DUBIOS, M.; CRONAU-ROY, B. (1997): Genetic structure of populations of the Mediterranean Mouflon (*Ovis gmelini*). J. Mammalogy 78, 459–467.
- RAMEY, R. R. (1995): Mitochondrial DNA variation, population structure, and evolution of mountain sheep in the south-western United States and Mexico. Mol. Ecol. 4, 429–439.
- RÖHRS, M. (1986): *Ovis ammon musimon* (Pallas, 1811) – Mufflon. In: Handbuch der Säugetiere Europas. Ed by J. NIETHAMMER und F. KRAPP. Wiesbaden: AULA-Verlag. Vol. 2/II, 435–449.
- SCHÜLE, W. (1993): Mammals, vegetation and the initial human settlement of the Mediterranean islands: a palaeoecological approach. J. Biogeography 20, 399–412.
- SHACKLETON, D. M. (1985): *Ovis canadensis*. Mammalian Species 230, 1–9.
- SHACKLETON, D. M.; LOVARI, S. (1997): Classification adopted for the Caprinae survey. In: Wild sheep and goats and their relatives. Ed by D. M. Shackleton. Cambridge: IUCN. Pp. 9–14.
- THENIUS, E. (1972): Die Verbreitungsgeschichte der Mammalia – Grundzüge der Faunen und Verbreitungsgeschichte der Säugetiere. Jena. Gustav Fischer.
- VALDEZ, R.; NADLER, C. F.; BUNCH, T. D. (1978): Evolution of wild sheep in Iran. Evolution 32, 56–72.

Anshr. der Verf.: ARNE LUDWIG, Institut für Gewässerökologie und Binnenfischerei, Abt. IV; Biologie und Ökologie der Fische, PF: 85 01 23, D-12561 Berlin; JENS KNOLL, Humboldt-Universität Berlin, Landwirtschaftlich-Gärtnerische Fakultät, FG Züchtungsbiologie und molekulare Tierzucht (Außenstelle Lehnitz), Invalidenstraße 42, D-10115 Berlin.